

(11)Publication number :

2002-176229

(43)Date of publication of application : 21.06.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/40
H01S 5/022

(21)Application number : 2000-372827

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 07.12.2000

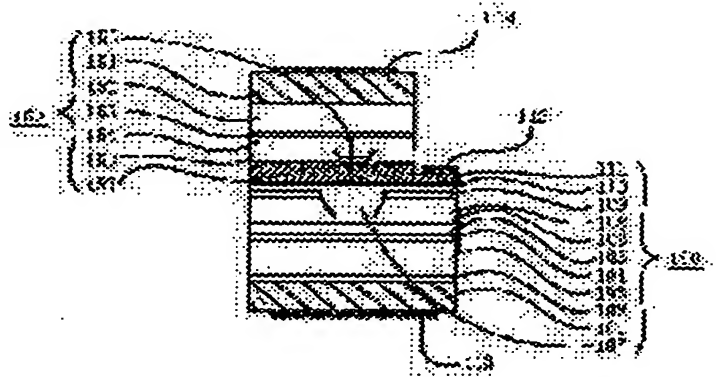
(72)Inventor : KAWATSU YOSHIHEI
YAGI TETSUYA

(54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser device that can inhibit variation in the luminous point intervals of a plurality of semiconductor laser elements.

SOLUTION: A 780 nm-LD 100 and a red LD 150 are formed. After that, contact layers 111 and 157 on each LD surface are directly bonded, thus allowing the luminous point intervals to approach within 10 nm. Additionally, the variation in the luminous point intervals depends only on the variation in the film thickness of a layer formed by the epitaxial growth, thus reducing the variation in the luminous point intervals.



100	780 nm LD	111	接触層
101	下層の活性層	112	780 nm LDの活性層
102	下層のクラッド層	113	780 nm LDのクラッド層
103	下層の反射層	114	780 nm LDの反射層
104	下層の保護層	115	780 nm LDの保護層
105	下層の絶縁層	116	780 nm LDの絶縁層
106	下層の絶縁層	117	780 nm LDの絶縁層
107	下層の絶縁層	118	780 nm LDの絶縁層
108	下層の絶縁層	119	780 nm LDの絶縁層
109	下層の絶縁層	120	780 nm LDの絶縁層
110	下層の絶縁層	121	780 nm LDの絶縁層
111	下層の絶縁層	122	780 nm LDの絶縁層
150	赤 LD	151	赤 LDの活性層
151	赤 LDのクラッド層	152	赤 LDのクラッド層
152	赤 LDの反射層	153	赤 LDの反射層
153	赤 LDの保護層	154	赤 LDの保護層
154	赤 LDの絶縁層	155	赤 LDの絶縁層
155	赤 LDの絶縁層	156	赤 LDの絶縁層
156	赤 LDの絶縁層	157	赤 LDの絶縁層
157	赤 LDの絶縁層	158	赤 LDの絶縁層
158	赤 LDの絶縁層	159	赤 LDの絶縁層
159	赤 LDの絶縁層	160	赤 LDの絶縁層

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-176229

(P2002-176229A)

(43) 公開日 平成14年6月21日 (2002.6.21)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 S 5/40
5/022

H 0 1 S 5/40
5/022

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-372827(P2000-372827)

(22) 出願日 平成12年12月7日 (2000.12.7)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 川津 善平

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 八木 哲哉

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外1名)

Fターム(参考) 5F073 AA53 AA74 AB06 AB15 CA05

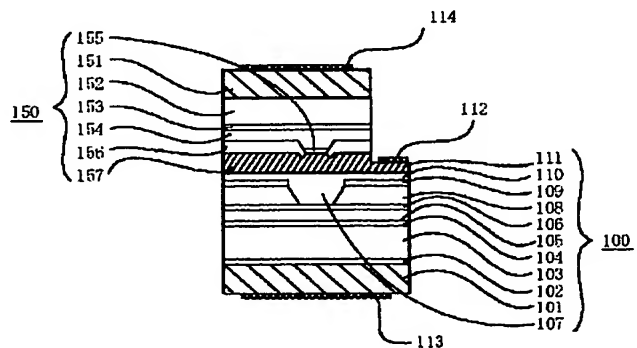
CB02 DA05 DA22 FA13

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 複数の半導体レーザ素子の発光点間隔のばらつきを抑制可能な半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 780nm-LD100及び赤色LD150をそれぞれ形成した後に、各LD表面のコンタクト層111及び157を直接接着したので、発光点間隔が10nm以内にまで近接できる。更に、この発光点間隔のばらつきが、エピタキシャル成長により形成された層の膜厚ばらつきにのみ依存するので、当該発光点間隔のばらつきを少なくすることも可能となる。



- | | |
|--------------------|--------------------|
| 100 : 780nm LD | 112 : 共通P電極 |
| 101 : n型半導体基板 | 113 : 780nm-LD用n電極 |
| 102 : n型バッファ層 | 114 : 赤色LD用n電極 |
| 103 : n型クラッド層 | 150 : 赤色LD |
| 104 : 多量子井戸活性層 | 151 : n型半導体基板 |
| 105 : p型第1クラッド層 | 152 : n型クラッド層 |
| 106 : p型エッチングストップ層 | 153 : 多量子井戸活性層 |
| 107 : 埋込膜 | 154 : p型クラッド層 |
| 108 : n型電流ブロック層 | 155 : p型キャップ層 |
| 109 : 保護層 | 156 : n型電流ブロック層 |
| 110 : p型第2クラッド層 | 157 : p型コンタクト層 |
| 111 : p型コンタクト層 | |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれ別個の半導体基板を有する複数の半導体レーザ素子を備え、

当該複数の半導体レーザ素子は、互いにその半導体部分が向かい合うように接合されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 複数の半導体レーザ素子それぞれの半導体部分が酸性溶液により親水化処理され、かつ当該親水化処理の施された半導体部分が互いに向かい合うように上記複数の半導体レーザ素子が貼り合わされたことで、上記複数の半導体レーザ素子が接合されていることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】 互いに向かい合う半導体部分は、そのいずれもが半導体レーザ素子を構成するコンタクト層であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】 互いに向かい合う半導体部分は、その一つが半導体レーザ素子を構成するコンタクト層であり、他の一つが半導体レーザ素子を構成する半導体基板であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】 それぞれ別個の半導体基板を有する複数の半導体レーザ素子を備え、当該複数の半導体レーザ素子は、ヒートシンク基板を挟んで接合されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項6】 それぞれ別個の半導体基板を有する複数の半導体レーザ素子を形成する工程と、上記複数の半導体レーザ素子を互いにその半導体部分が向かい合うように接合する工程とを含む半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項7】 複数の半導体レーザ素子を接合する工程は、上記複数の半導体レーザ素子それぞれの半導体部分を酸性溶液により親水化処理する工程と、上記親水化処理の施された半導体部分が互いに向かい合うように上記複数の半導体レーザ素子を貼り合わせる工程とを含むことを特徴とする請求項6記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ装置及びその製造方法に関し、特に、複数のレーザ光を発振可能な半導体レーザ装置及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図11は、電子情報通信学会技報、ED99-197(1999)pp.41-46に示された、従来のモノリシック型半導体レーザ装置の要部断面図である。図において、501はn型GaAs基板、502はn型InGaAlPクラッド層、503はp型InGaAlP第一クラッド層、504はInGaAlPエッチングストップ層、505はn型GaAs電流プロ

ック層、506はp型InGaAlP第二クラッド層、507はp型InGaAlPキャップ層、508はp型GaAsコンタクト層、509は赤色レーザ活性層、510は780nmレーザ活性層、511は共通n電極、512は赤色レーザ用のp電極、513は780nmレーザ用のp電極、514は分離溝である。

【0003】この図に示されるように、従来の半導体レーザ装置においては、同一基板501上に780nmレーザと赤色レーザとが作り込まれている。このような従来のモノリシック型2波長レーザ装置は、異なる発振波長の半導体レーザを基板上に並列に実装したハイブリッド型2波長レーザ装置に比べて、発光点間隔及びそのばらつきが小さくなるという特徴がある。

【0004】しかし、このようなモノリシック型2波長レーザ装置では、各レーザを独立に制御するために、図に示すような分離溝514を形成して各レーザを分離する必要がある。そして、この分離溝514の存在により、各レーザの発光点の間隔を狭くすることができない。又、その発光点間隔のばらつきは、ハイブリッド型に比較すると小さくできるが、フォトリソグラフィーの精度に依存するために、現在のところ5 μ m程度のばらつきを生じてしまう。

【0005】尚、上記文献のほかに、従来の2波長レーザ装置を示す文献として、特開平10-56230号公報、特開平11-112091号公報がある。

【0006】本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、複数の半導体レーザ素子の発光点間隔のばらつきを抑制可能な半導体レーザ装置を提供することを目的とするものである。

【0007】又、温度特性を良好にすることができる半導体レーザ装置を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明に係る半導体レーザ装置は、それぞれ別個の半導体基板を有する複数の半導体レーザ素子を備え、当該複数の半導体レーザ素子が、互いにその半導体部分が向かい合うように接合されているものである。

【0009】又、複数の半導体レーザ素子それぞれの半導体部分が酸性溶液により親水化処理され、かつ当該親水化処理の施された半導体部分が互いに向かい合うように上記複数の半導体レーザ素子が貼り合わされたことで、上記複数の半導体レーザ素子が接合されているものである。

【0010】又、互いに向かい合う半導体部分は、そのいずれもが半導体レーザ素子を構成するコンタクト層であるものである。

【0011】又、互いに向かい合う半導体部分は、その一つが半導体レーザ素子を構成するコンタクト層であり、他の一つが半導体レーザ素子を構成する半導体基板

であるものである。

【0012】又、それぞれ別個の半導体基板を有する複数の半導体レーザ素子を備え、当該複数の半導体レーザ素子が、ヒートシンク基板を挟んで接合されているものである。

【0013】又、この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、それぞれ別個の半導体基板を有する複数の半導体レーザ素子を形成する工程と、上記複数の半導体レーザ素子を互いにその半導体部分が向かい合うように接合する工程とを含むものである。

【0014】又、複数の半導体レーザ素子を接合する工程が、上記複数の半導体レーザ素子それぞれの半導体部分を酸性溶液により親水化処理する工程と、上記親水化処理の施された半導体部分が互に向かい合うように上記複数の半導体レーザ素子を貼り合わせる工程とを含むものである。

【0015】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の構造を示す要部断面図である。図において、100は半導体レーザ素子である780nm帯レーザダイオード（以下、「780nm-LD」と呼ぶ）、101はn型GaAs(100)基板、102はn型GaAsバッファ層、103はn型Al_{0.48}Ga_{0.52}Asクラッド層、104はAl_{0.35}Ga_{0.65}As/Al_{0.15}Ga_{0.85}As多重量子井戸活性層、105はp型Al_{0.48}Ga_{0.52}As第一クラッド層、106はp型Al_{0.2}Ga_{0.8}Asエッチングストッパー層、107は窓領域、108はn型Al_{0.60}Ga_{0.40}As電流ブロック層、109はAl_{0.2}Ga_{0.8}As保護層、110はp型Al_{0.48}Ga_{0.52}As第二クラッド層、111はp型GaAsコンタクト層、112は共通p電極、113は780nm-LD用のn電極である。

【0016】又、114は赤色LD用のn電極、150は他の半導体レーザ素子である赤色レーザダイオード（以下、「赤色LD」と呼ぶ）、151はn型GaAs(100)10° off 基板、152はn型Al_{0.35}Ga_{0.15}In_{0.5}Pクラッド層、153はアンドープAl_{0.15}Ga_{0.35}In_{0.5}P/GaInP多重量子井戸活性層、154はp型Al_{0.35}Ga_{0.15}In_{0.5}Pクラッド層、155はp型GaAsキャップ層、156はn型GaAsブロック層、157はp型GaAsコンタクト層である。

【0017】この図に示されるように、本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、2個の半導体レーザ素子（780nm-LD100、赤色LD150）が直接に接合され、一体化されているものである。

【0018】図2乃至図4は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す要部断面図である。以下、図2乃至図4に従い、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を工程順に説明する。

【0019】まず、図2(a)に示すように、n型GaAs基板101の(100)面上にn型GaAsバッファ層102、n型Al_{0.48}Ga_{0.52}Asクラッド層103、Al_{0.35}Ga_{0.65}As/Al_{0.15}Ga_{0.85}As多重量子井戸活性層104、p型Al_{0.48}Ga_{0.52}As第一クラッド層105、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Asエッチングストッパー層106、n型Al_{0.60}Ga_{0.40}As電流ブロック層108、Al_{0.2}Ga_{0.8}As保護層109を順次MOCVD法により積層する。尚、ここで、MOCVD法の代わりに、MBE法等の他の成長方法を用いてもかまわない。

【0020】次に、図2(b)に示すように、上記のようにして得られたエピタキシャルウェハ上に、フォトリソグラフィ技術を用いてストライプ形状のフォトレジストパターン115を形成する。

【0021】その後、フォトレジストパターン115をエッチングマスクとして、Al_{0.2}Ga_{0.8}As保護層109及びn型Al_{0.60}Ga_{0.40}As電流ブロック層108を、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Asエッチングストッパー層106に到達するまで、選択エッチング液を用いてエッチングする。

【0022】このエッチングの具体的な方法を以下に示す。まず、酒石酸又は硫酸等のAlAsに対して選択性のあまりないエッチャントを用いて、n型Al_{0.60}Ga_{0.40}As電流ブロック層108の途中までエッチングを行う。

【0023】次に、AlAs混晶比の高い層を選択的にエッチングできるフッ酸系のエッチャントを用いて、選択的にn型Al_{0.60}Ga_{0.40}As電流ブロック層108の2回目のエッチングを行う。このとき、フォトレジストパターン115を除去して、Al_{0.2}Ga_{0.8}As保護層109をマスクとして2回目のエッチングを行っても良い。この2回目のフッ酸系のエッチングでは、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Asエッチングストッパー層106はエッチングされず、このエッチングストッパー層106においてエッチングは停止する。

【0024】このようにして、図2(c)に示すように、電流チャネルとなる窓領域107を形成する。

【0025】次に、フォトレジストパターン115を除去し、図2(d)に示すように、p型Al_{0.48}Ga_{0.52}As第二クラッド層110及びp型GaAsコンタクト層111を順次積層する。

【0026】以上、図2(a)～(d)にて示した工程により、一方の半導体レーザ素子である780nm-LD100を形成する。

【0027】次に、以下図3(a)～(d)に示す工程により、他の一方の半導体レーザ素子である赤色LD150を形成する。

【0028】まず、図3(a)に示すように、n型GaAs(100)10° off 基板151上に、n型Al

$0.35\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層 152、アンドープ $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.35}\text{In}_{0.5}\text{P}$ GaInP 多重量子井戸活性層 153、p 型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層 154、p 型 GaAs キャップ層 155 を、MOCVD 法により順次積層する。

【0029】次に、CVD 法等を用いて、SiON 膜をキャップ層 155 上に成膜し、フォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を用いて、ストライプ状の SiON 膜 158 を形成する。

【0030】そして、この SiON 膜 158 をマスクとしてウェットエッチングを行うことにより、p 型 GaAs キャップ層 155、及び p 型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層 154 の上層部分を除去して、図 3 (b) に示すように、順メサ形状のリッジを形成する。

【0031】次に、図 3 (c) に示すように、上記順メサ形状のリッジの側面に、MOCVD 法により、n 型 GaAs ブロック層 156 を形成する。

【0032】次に、図 3 (d) に示すように、ウェットエッチング等により SiON 膜 158 を除去し、MOCVD 法により、p 型 GaAs キャップ層 155 及び n 型 GaAs ブロック層 156 上に、p 型 GaAs コンタクト層 157 を形成することで、赤色 LD 150 を形成する。

【0033】以上のように、780nm-LD100 及び赤色 LD150 をそれぞれ別個に形成した後、図 4 (a) に示すように、各 LD 表面の p 型 GaAs コンタクト層 111 及び 157 に対し、アンモニア、濃硫酸等により親水化処理を施し、この被処理表面同士を重ね合わせる。このとき、ストライプ方向を一致させ、かつその位置が重なるように 780nm-LD100 及び赤色 LD150 を張り合わせ、圧着し、例えば約 400℃、約 30 分間の条件でアニールする。以上のようにすることで、p 型 GaAs コンタクト層 111 及び 157 の間に分子間力が働き、互いに密着することとなる。

【0034】このようにして、780nm-LD100 と赤色 LD150 とを一体化した後、図 4 (b) に示すように、通常のフォトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、赤色 LD150 の一部を取り除き、780nm-LD の p 型 GaAs コンタクト層 111 若しくは赤色 LD の p 型 GaAs コンタクト層 157 を露出させる。

【0035】そして、図 4 (c) に示すように、その露出した p 型 GaAs コンタクト層 111 若しくは 157 に共通電極 112 を形成し、又、各 LD 表面の n 型 GaAs 基板 101 及び 151 に、それぞれ電極 113、114 を形成する。このとき、各 LD の n 型 GaAs 基板 101、151 を研磨し、薄膜化してから、電極 113、114 を形成してもよい。

【0036】このようにして形成された本実施の形態に係る半導体レーザ装置である 2 波長 LD の動作制御につ

いて説明する。例えば、780nm-LD100 を発光させるときには、電極 112 と電極 113 との間に順方向バイアスを印加すればよく、一方、赤色 LD150 を発光させるときには、電極 112 と電極 114 との間に順方向バイアスを印加すればよい。

【0037】以上のように、本実施の形態においては、780nm-LD100 及び赤色 LD150 をそれぞれ形成した後に、各 LD 表面のコンタクト層 111 及び 157 を直接接合したので、発光点間隔が 10nm 以内にまで近接できる。更に、この発光点間隔のばらつきが、エピタキシャル成長により形成された層の膜厚ばらつきにのみ依存するので、当該発光点間隔のばらつきを少なくすることも可能となる。

【0038】尚、本実施の形態においては、780nm-LD100 として SAS (Self-Aligned Structure) 型を、赤色 LD150 として埋込みリッジ型をそれぞれ採用したが、その他の LD 構造であってもかまわない。又、本実施の形態においては、780nm-LD200 上に赤色 LD150 を接着したが、赤色 LD150 上に 780nm-LD200 を接着してもかまわない。

【0039】又、本実施の形態においては、それぞれの LD の基板として、n 型の半導体基板を用いたが、p 型の半導体基板を用いて各層の導電型を反転させてもかまわない。又、本実施の形態においては、活性層を多重量子井戸構造としたが、バルク結晶であってもかまわない。

【0040】又、本実施の形態においては、赤色 LD150 の一部をエッチングにより除去することで、780nm-LD の n 型 GaAs コンタクト層 111 若しくは赤色 LD の n 型 GaAs 基板 151 を露出させ、そこに共通電極 112 を形成しているが、その代わりに、780nm-LD100 の一部をエッチングにより除去することで、780nm-LD の n 型 GaAs コンタクト層 111 若しくは赤色 LD の n 型 GaAs 基板 151 を露出させ、そこに共通電極 112 を形成してもよい。

【0041】実施の形態 2. 図 5 は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の構造を示す要部断面図である。尚、図 5 において、図 1 と同一符号を用いたものは、図 1 に示されたものと同一または相当であることを示す。

【0042】図において、200 は 780nm-LD (半導体レーザ素子)、201 は p 型 GaAs (100) 10° off 基板、202 は p 型 GaAs バッファ層、203 は p 型 $\text{Al}_{0.45}\text{Ga}_{0.52}\text{As}$ クラッド層、204 は $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As}$ / $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 多重量子井戸活性層、205 は n 型 $\text{Al}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{As}$ 第一クラッド層、206 は n 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ エッチングストッパー層、207 は p 型 $\text{Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{As}$ 電流ブロック層、208 は窓領域、209 は p 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 保護層、210 は n 型 $\text{Al}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}$

As 第二クラッド層、211はn型GaAsコンタクト層、212は共通n電極、213は780nm-LD用のp電極、214は赤色LD用のp電極である。

【0043】この図に示されるように、本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、実施の形態1と同様、2個の半導体レーザ素子（赤色LD150及び780nm-LD200）が直接に接着され、一体化されているものである。尚、780nm-LD200は、実施の形態1における780nm-LD100とは、その導電性が反転したものとなっている。又、本実施の形態においては、実施の形態1と異なり、780nm-LDのコンタクト層211と赤色LDのGaAs基板151とが接着されている。

【0044】次に、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について説明する。まず、実施の形態1と同様、図2(a)～(d)にて示した工程と同様の工程により780nm-LD200を形成し、又、図3(a)～(d)にて示した工程により赤色LD150を形成する。

【0045】次に、赤色LDのn型GaAs基板151を研磨により所望の厚さに薄膜化する。その後、図6(a)に示すように、この薄膜化した赤色LDのn型GaAs基板151と780nm-LDのn型GaAsコンタクト層211に対し、アンモニア、濃硫酸等により親水化処理を施し、この被処理表面同士を重ね合わせる。このとき、ストライプ方向を一致させ、かつその位置が重なるように780nm-LD200及び赤色LD150を張り合わせ、圧着し、例えば約400℃、約30分間の条件でアニールする。以上のようにすることで、赤色LDのn型GaAs基板151と780nm-LDのn型GaAsコンタクト層211の間に分子間力が働き、互いに密着することとなる。

【0046】尚、ここで、図6は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を工程順に示す要部断面図である。

【0047】このようにして、780nm-LD200と赤色LD150とを一体化した後、図6(b)に示すように、通常のフォトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、赤色LD150の一部を取り除き、780nm-LDのn型GaAsコンタクト層211若しくは赤色LDのn型GaAs基板151を露出させる。

【0048】そして、図6(c)に示すように、その露出したn型GaAsコンタクト層211若しくはn型GaAs基板151に共通電極212を形成し、又、780nm-LDのp型GaAs off基板201及び赤色LDのp型GaAsコンタクト層157に、それぞれ電極213、214を形成する。

【0049】このようにして形成された本実施の形態に係る半導体レーザ装置である2波長LDの動作制御について説明する。例えば、780nm-LD200を発光

させるときには、電極212と電極213との間に順方向バイアスを印加すればよく、一方、赤色LD150を発光させるときには、電極212と電極214との間に順方向バイアスを印加すればよい。

【0050】以上のように、本実施の形態においては、780nm-LD200及び赤色LD150をそれぞれ形成した後に、780nm-LDのn型GaAsコンタクト層211及び赤色LDのn型GaAs基板151を直接接着したので、発光点間隔のばらつきが、エピタキシャル成長により形成された層の膜厚ばらつきにのみ依存するので、当該発光点間隔のばらつきを少なくすることが可能となる。

【0051】尚、本実施の形態においては、780nm-LD200としてSAS (Self-Aligned Structure) 型を、赤色LD150として埋込みリッジ型をそれぞれ採用したが、その他のLD構造であってもかまわない。又、本実施の形態においては、活性層を多重量子井戸構造としたが、バルク結晶であってもかまわない。

【0052】又、本実施の形態においては、780nm-LD200上に赤色LD150を接着したが、赤色LD150上に780nm-LD200を接着してもかまわない。又、本実施の形態においては、780nm-LD200をp型GaAs基板に、赤色LD150をn型GaAs基板にそれぞれ形成したが、780nm-LD200をn型GaAs基板に、赤色LD150をp型GaAs基板にそれぞれ形成し、これらを接着してもかまわない。

【0053】又、本実施の形態においては、赤色LD150の一部をエッチングにより除去することで、780nm-LDのn型GaAsコンタクト層211若しくは赤色LDのn型GaAs基板151を露出させ、そこに共通電極212を形成しているが、その代わりに、780nm-LD200の一部をエッチングにより除去することで、780nm-LDのn型GaAsコンタクト層211若しくは赤色LDのn型GaAs基板151を露出させ、そこに共通電極212を形成してもよい。

【0054】実施の形態3. 図7は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の構造を示す要部断面図である。尚、図7において、図5と同一符号を用いたものは、図5に示されたものと同一または相当であることを示す。

【0055】この図に示されるように、本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、実施の形態2と同様、2個の半導体レーザ素子（赤色LD150及び780nm-LD200）が直接に接着され、さらに、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157に、シリコンカーバイド若しくはシリコン等で形成されたヒートシンク基板300が接着されているものである。尚、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157のヒートシンク基板300が接着している面とは反対側の面に電極314が形成されて

いる。

【0056】次に、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について説明する。まず、実施の形態2と同様、図2(a)～(d)にて示した工程と同様の工程により780nm-LD200を形成し、又、図3(a)～(d)にて示した工程により赤色LD150を形成する。

【0057】次に、赤色LDのn型GaAs基板151を研磨により所望の厚さに薄膜化する。その後、図6(a)に示したように、実施の形態2と同様の方法を用いて、780nm-LD200と赤色LD150を接着する。

【0058】さらに、図8(a)に示すように、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157、及びヒートシンク基板300の一方の面に対し、アンモニア、濃硫酸等により親水化処理を施し、これらを圧着し、例えば約400℃、約30分間の条件でアニールする。以上のようにすることで、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157とヒートシンク基板300の一方の面との間に分子間力が働き、互いに密着することとなる。

【0059】尚、ここで、図8は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を工程順に示す要部断面図である。

【0060】このようにして、780nm-LD200と赤色LD150とヒートシンク基板300とを一体化した後、図8(b)に示すように、通常のリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、780nm-LD200の一部を取り除き、780nm-LDのn型GaAsコンタクト層211若しくは赤色LDのn型GaAs基板151を露出させる。さらに、通常のリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、赤色LD150の一部を取り除き、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157を露出させる。

【0061】そして、図8(c)に示すように、その露出したn型GaAsコンタクト層211若しくはn型GaAs基板151に共通電極312を形成する。又、780nm-LDのp型GaAs off基板201、及び赤色LDのp型GaAsコンタクト層157のヒートシンク基板300とは反対の面に、それぞれ電極313、314を形成する。

【0062】このようにして形成された本実施の形態に係る半導体レーザ装置である2波長LDの動作制御について説明する。例えば、780nm-LD200を発光させるときには、電極312と電極313との間に順方向バイアスを印加すればよく、一方、赤色LD150を発光させるときには、電極312と電極314との間に順方向バイアスを印加すればよい。

【0063】以上のように、本実施の形態においては、780nm-LD200及び赤色LD150をそれぞれ形成した後に、780nm-LDのn型GaAsコンタ

クト層211及び赤色LDのn型GaAs基板151を直接接着したので、発光点間隔のばらつきが、エピタキシャル成長により形成された層の膜厚ばらつきにのみ依存するので、当該発光点間隔のばらつきを少なくすることが可能となる。

【0064】又、本実施の形態においては、780nm-LD200に比べて温度特性の劣る赤色LD150にヒートシンク基板300を接着したので、熱放散を効果的に行い、温度特性を良好にすることが可能となる。

【0065】尚、本実施の形態においては、780nm-LD200としてSAS (Self-Aligned Structure) 型を、赤色LD150として埋込みリッジ型をそれぞれ採用したが、その他のLD構造であってもかまわない。又、本実施の形態においては、活性層を多重量子井戸構造としたが、バルク結晶であってもかまわない。

【0066】又、本実施の形態においては、赤色LD150上に780nm-LD200を接着したが、780nm-LD200上に赤色LD150を接着してもかまわない。又、本実施の形態においては、780nm-LD200をp型GaAs基板に、赤色LD150をn型GaAs基板にそれぞれ形成したが、780nm-LD200をn型GaAs基板に、赤色LD150をp型GaAs基板にそれぞれ形成してこれらを接着し、この赤色LD150のp型GaAs基板にヒートシンク基板300を接着してもかまわない。

【0067】実施の形態4. 図9は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の構造を示す要部断面図である。尚、図9において、図1と同一符号を用いたものは、図1に示されたものと同一または相当であることを示す。

【0068】この図に示されるように、本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、2個の半導体レーザ素子(赤色LD150及び780nm-LD200)がシリコンカーバイド若しくはシリコン等で形成されたヒートシンク基板300を挟んで接着されており、かつ、780nm-LDのp型GaAsコンタクト層111と赤色LDのp型GaAsコンタクト層157を電氣的に接続する共通p電極412がこれらに延在するように形成されている。その他の点については、実施の形態1と同様である。

【0069】次に、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について説明する。まず、実施の形態1と同様、図2(a)～(d)にて示した工程により780nm-LD100を形成し、又、図3(a)～(d)にて示した工程により赤色LD150を形成する。

【0070】次に、図10(a)に示すように、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157、及びヒートシンク基板300の一方の面に対し、アンモニア、濃硫酸等により親水化処理を施し、これらを圧着し、例えば約400℃、約30分間の条件でアニールする。又、780

nm-LDのp型GaAsコンタクト層111、及びヒートシンク基板300の他の一方の面に対し、アンモニア、濃硫酸等により親水化処理を施し、これらを圧着し、例えば約400℃、約30分間の条件でアニールする。このとき、780nm-LD100及び赤色LD150のストライプ方向を一致させ、かつその位置が重なるようにする。

【0071】以上のようにすることで、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157とヒートシンク基板300の一方の面、並びに、780nm-LDのp型GaAsコンタクト層111とヒートシンク基板300の他の一方の面との間に、それぞれ分子間力が働き、それぞれが互いに密着することとなる。

【0072】尚、ここで、図10は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を工程順に示す要部断面図である。

【0073】このようにして、780nm-LD100と赤色LD150とヒートシンク基板300とを一体化した後、図10(b)に示すように、通常のフォトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、赤色LD150の一部を取り除き、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157を露出させる。さらに、通常のフォトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、ヒートシンク基板300の一部を取り除き、780nm-LDのp型GaAsコンタクト層111を露出させる。

【0074】そして、図10(c)に示すように、それら露出した780nm-LDのp型GaAsコンタクト層111から赤色LDのp型GaAsコンタクト層157に延在する共通p電極412を形成する。又、780nm-LDのn型GaAs基板101、及び赤色LDのn型GaAs基板151に、それぞれ電極413、414を形成する。このとき、各LDのn型GaAs基板101、151を研磨し、薄膜化してから、電極413、414を形成してもよい。

【0075】このようにして形成された本実施の形態に係る半導体レーザ装置である2波長LDの動作制御について説明する。例えば、780nm-LD100を発光させるときには、電極412と電極413との間に順方向バイアスを印加すればよく、一方、赤色LD150を発光させるときには、電極412と電極414との間に順方向バイアスを印加すればよい。

【0076】以上のように、本実施の形態においては、780nm-LD100及び赤色LD150をそれぞれ形成した後に、これらがヒートシンク基板300を挟むように接着したので、シリコンカーバイド若しくはシリコン等で形成されたヒートシンク基板300の厚さを制御することで、発光点間隔を制御することが可能となる。

【0077】さらに、780nm-LD100及び赤色LD150の両方にヒートシンク基板300が接するた

め、温度特性にすぐれた2波長レーザを得ることが可能となる。

【0078】尚、本実施の形態においては、780nm-LD100としてSAS(Self-Aligned Structure)型を、赤色LD150として埋込みリッジ型をそれぞれ採用したが、その他のLD構造であってもかまわない。又、本実施の形態においては、活性層を多重量子井戸構造としたが、バルク結晶であってもかまわない。

【0079】又、本実施の形態においては、780nm-LD100上に赤色LD150をヒートシンク基板300を介して接着したが、赤色LD150上に780nm-LD100を接着してもかまわない。又、本実施の形態においては、それぞれのLDの基板として、n型の半導体基板を用いたが、p型の半導体基板を用いて各層の導電型を反転させてもかまわない。

【0080】又、本実施の形態においては、赤色LD150の一部をエッチングにより除去することで、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157を露出させ、さらに、ヒートシンク基板300を除去することで、780nm-LDのp型GaAsコンタクト層111を露出させ、そこに共通電極412を形成しているが、その代わりに、780nm-LD100の一部をエッチングにより除去することで、780nm-LDのp型GaAsコンタクト層111を露出させ、さらに、ヒートシンク基板300を除去することで、赤色LDのp型GaAsコンタクト層157を露出させ、そこに共通電極412を形成してもよい。

【0081】

【発明の効果】この発明に係る半導体レーザ装置は、それぞれ別個の半導体基板を有する複数の半導体レーザ素子を備え、当該複数の半導体レーザ素子が、互いにその半導体部分が向かい合うように接合されているので、上記複数の半導体レーザ素子の発光点間隔のばらつきを抑制することができる。

【0082】又、複数の半導体レーザ素子それぞれの半導体部分が酸性溶液により親水化処理され、かつ当該親水化処理の施された半導体部分が互いに向かい合うように上記複数の半導体レーザ素子が貼り合わされたことで、上記複数の半導体レーザ素子が接合されているので、上記複数の半導体レーザ素子の発光点間隔のばらつきを抑制することができる。

【0083】又、互いに向かい合う半導体部分は、そのいずれもが半導体レーザ素子を構成するコンタクト層であるので、上記複数の半導体レーザ素子の発光点を互いに近接することができる。

【0084】又、互いに向かい合う半導体部分は、その一つが半導体レーザ素子を構成するコンタクト層であり、他の一つが半導体レーザ素子を構成する半導体基板であるので、上記複数の半導体レーザ素子の発光点間隔

のばらつきを抑制することができる。

【0085】又、この発明に係る半導体レーザ装置は、それぞれ別個の半導体基板を有する複数の半導体レーザ素子を備え、複数の半導体レーザ素子が、ヒートシンク基板を挟んで接合されているので、温度特性を良好にすることができる。

【0086】又、この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、それぞれ別個の半導体基板を有する複数の半導体レーザ素子を形成する工程と、上記複数の半導体レーザ素子を互いにその半導体部分が向かい合うように接合する工程とを含むので、上記複数の半導体レーザ素子の発光点間隔のばらつきを抑制可能な半導体レーザ装置を得ることができる。

【0087】又、複数の半導体レーザ素子を接合する工程が、上記複数の半導体レーザ素子それぞれの半導体部分を酸性溶液により親水化処理する工程と、上記親水化処理の施された半導体部分が互に向かい合うように上記複数の半導体レーザ素子を貼り合わせる工程とを含むので、上記複数の半導体レーザ素子の発光点間隔のばらつきを抑制可能な半導体レーザ装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の構造を示す要部断面図である。

【図2】 この発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す要部断面図である。

【図3】 この発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す要部断面図である。

【図4】 この発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す要部断面図である。

【図5】 この発明の実施の形態2に係る半導体レーザ装置の構造を示す要部断面図である。

【図6】 この発明の実施の形態2に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す要部断面図である。

【図7】 この発明の実施の形態3に係る半導体レーザ装置の構造を示す要部断面図である。

【図8】 この発明の実施の形態3に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す要部断面図である。

【図9】 この発明の実施の形態4に係る半導体レーザ装置の構造を示す要部断面図である。

【図10】 この発明の実施の形態4に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す要部断面図である。

【図11】 従来の半導体レーザ装置の構造を示す要部断面図である。

【符号の説明】

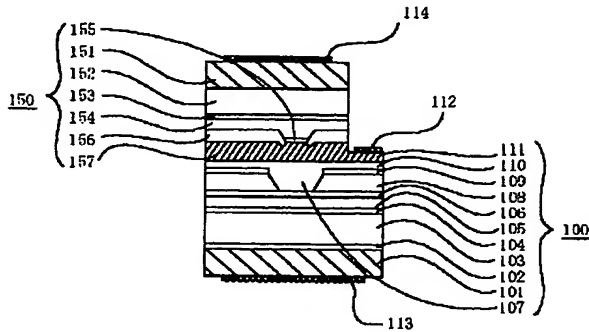
100 780nm-LD（半導体レーザ素子）、
101 n型GaAs（100）基板、
102 n型GaAsバッファ層、
103 n型Al_{0.48}Ga_{0.52}Asクラッド層、
104 Al_{0.35}Ga_{0.65}As/AI_{0.15}Ga_{0.85}As多重量子井戸活性層、

105 p型Al_{0.48}Ga_{0.52}As第一クラッド層、
106 p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Asエッチングストッパー層、
107 窓領域、
108 n型Al_{0.60}Ga_{0.40}As電流ブロック層、
109 Al_{0.2}Ga_{0.8}As保護層、
110 p型Al_{0.48}Ga_{0.52}As第二クラッド層、
111 p型GaAsコンタクト層、
112 共通p電極、
113 780nm-LD用のn電極、
114 赤色LD用の電極、
115 フォトリソパターン、
150 赤色LD（半導体レーザ素子）、
151 n型GaAs（100）10° off基板、
152 n型Al_{0.35}Ga_{0.15}In_{0.5}Pクラッド層、
153 アンダーブAl_{0.15}Ga_{0.35}In_{0.5}P/GaInP多重量子井戸活性層、
154 p型Al_{0.35}Ga_{0.15}In_{0.5}Pクラッド層、
155 p型GaAsキャップ層、
156 n型GaAsブロック層、
157 p型GaAsコンタクト層、
158 ストライプ状SiON膜、
200 780nm-LD（半導体レーザ素子）、
201 p型GaAs（100）10° off基板、
202 p型GaAsバッファ層、
203 p型Al_{0.48}Ga_{0.52}Asクラッド層、
204 Al_{0.35}Ga_{0.65}As/AI_{0.15}Ga_{0.85}As多重量子井戸活性層、
205 n型Al_{0.48}Ga_{0.52}As第一クラッド層、
206 n型Al_{0.2}Ga_{0.8}Asエッチングストッパー層、
207 p型Al_{0.60}Ga_{0.40}As電流ブロック層、
208 窓領域、
209 p型Al_{0.2}Ga_{0.8}As保護層、
210 n型Al_{0.48}Ga_{0.52}As第二クラッド層、
211 n型GaAsコンタクト層、
212 共通n電極、
213 780nm-LD用のp電極、
214 赤色LD用のp電極、
300 ヒートシンク基板、
312 共通n電極、
313 780nm-LD用のp電極、
314 赤色LD用のp電極、
412 共通p電極、
413 780nm-LD用のn電極、
414 赤色LD用のn電極、
501 n型GaAs基板、
502 n型InGaAlPクラッド層、
503 p型InGaAlP第一クラッド層、504 InGaAlPエッチングストッパー層、

- 505 n型GaAs電流ブロック層、
 506 p型InGaAlP第二クラッド層、
 507 p型InGaAlPキャップ層、
 508 p型GaAsコンタクト層、
 509 赤色レーザ活性層、

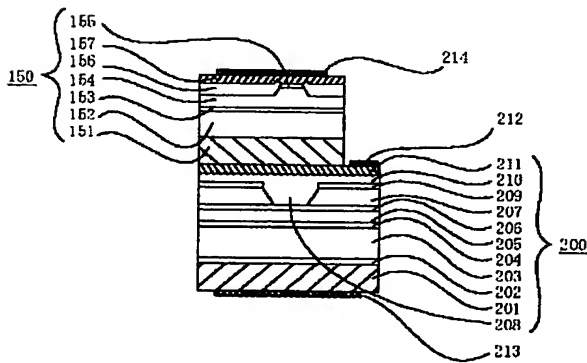
- 510 780nmレーザ活性層、
 511 共通n電極、
 512 赤色レーザ用のp電極、
 513 780nmレーザ用のp電極、
 514 分離溝。

【図1】



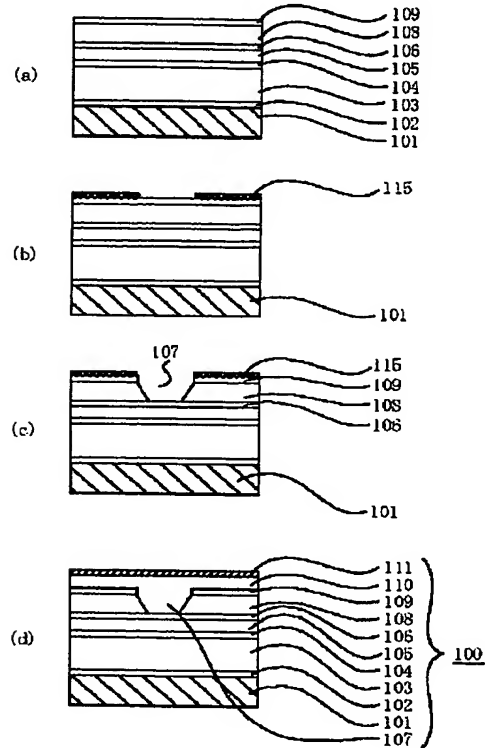
- | | |
|--------------------|--------------------|
| 100 : 780nm-LD | 112 : 共通p電極 |
| 101 : n型半導体基板 | 113 : 780nm-LD用n電極 |
| 102 : n型バッファ層 | 114 : 赤色LD用n電極 |
| 103 : n型クラッド層 | 150 : 赤色LD |
| 104 : 多量子井戸活性層 | 151 : n型半導体基板 |
| 105 : p型第1クラッド層 | 152 : n型クラッド層 |
| 106 : p型エッチングストップ層 | 153 : 多量子井戸活性層 |
| 107 : 窓領域 | 154 : p型クラッド層 |
| 108 : n型電流ブロック層 | 155 : p型キャップ層 |
| 109 : 保護層 | 156 : n型電流ブロック層 |
| 110 : p型第2クラッド層 | 157 : p型コンタクト層 |
| 111 : p型コンタクト層 | |

【図5】



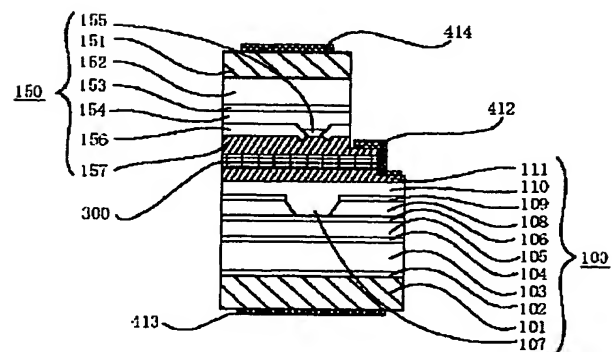
- | | |
|--------------------|--------------------|
| 200 : 780nm-LD | 208 : 窓領域 |
| 201 : p型半導体基板 | 209 : p型保護層 |
| 202 : p型バッファ層 | 210 : n型第2クラッド層 |
| 203 : p型クラッド層 | 211 : n型コンタクト層 |
| 204 : 多量子井戸活性層 | 212 : 共通電極 |
| 205 : n型第1クラッド層 | 213 : 780nm-LD用p電極 |
| 206 : n型エッチングストップ層 | 214 : 赤色LD用p電極 |
| 207 : p型電流ブロック層 | |

【図2】



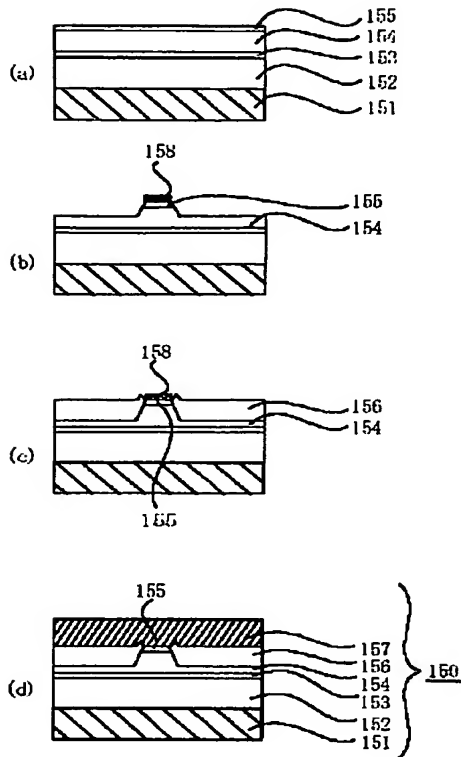
115 : フォトリソパターン

【図9】



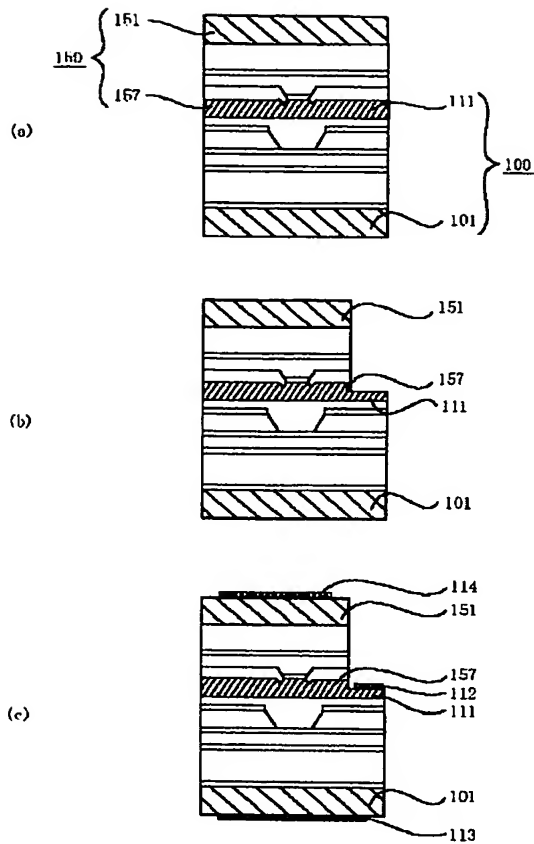
- 412 : 共通p電極
 413 : 780nm-LD用p電極
 414 : 赤色LD用n電極

【図3】

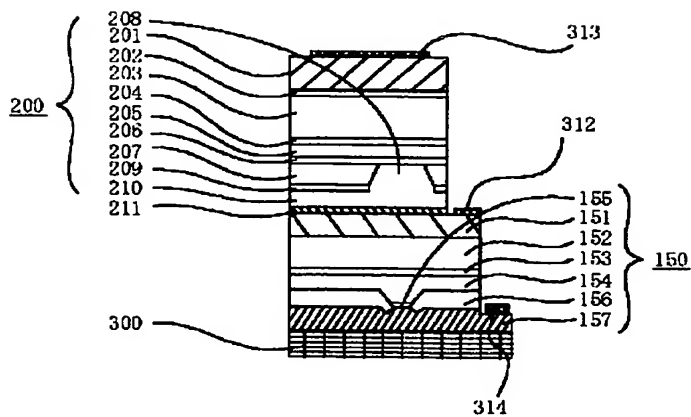


158 : ストライプ状 SiON膜

【図4】

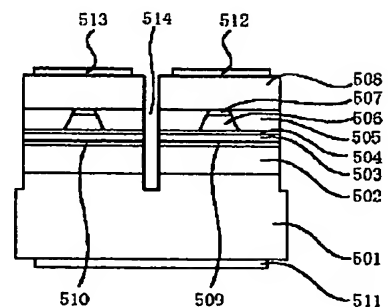


【図7】



300 : ヒートシンク基板
 312 : 共通n電極
 313 : 780nm-LD用電極
 314 : 赤色LD用電極

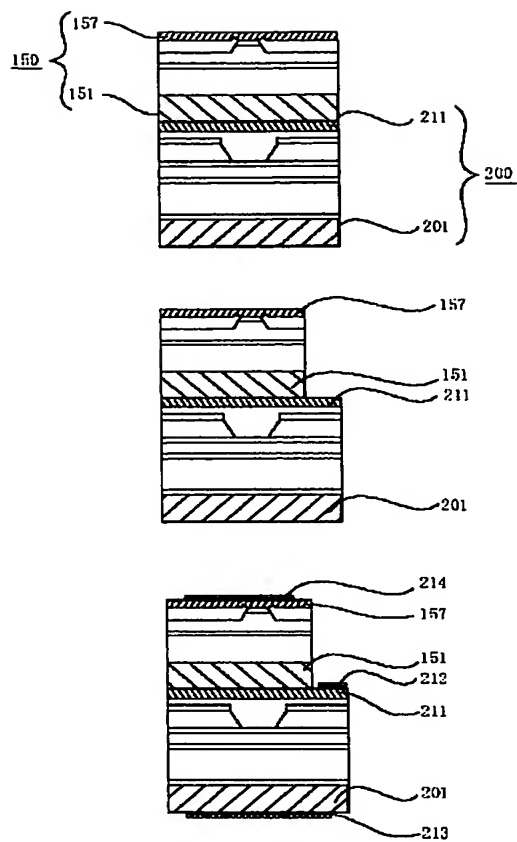
【図11】



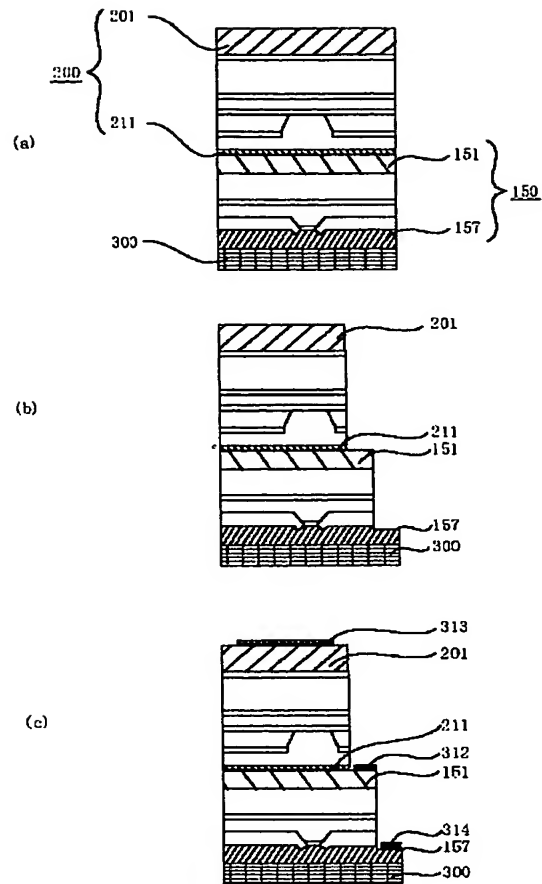
501 : n型半導体基板
 502 : n型クラッド層
 503 : p型第1クラッド層
 504 : エッチングストップ層
 505 : n型電流ブロック層
 506 : p型第2クラッド層
 507 : p型キャップ層

508 : p型コンタクト層
 509 : 赤色レーザ活性層
 510 : 780nmレーザ活性層
 511 : 共通n電極
 512 : 赤色レーザ用p電極
 513 : 780nmレーザ用p電極
 514 : 分岐溝

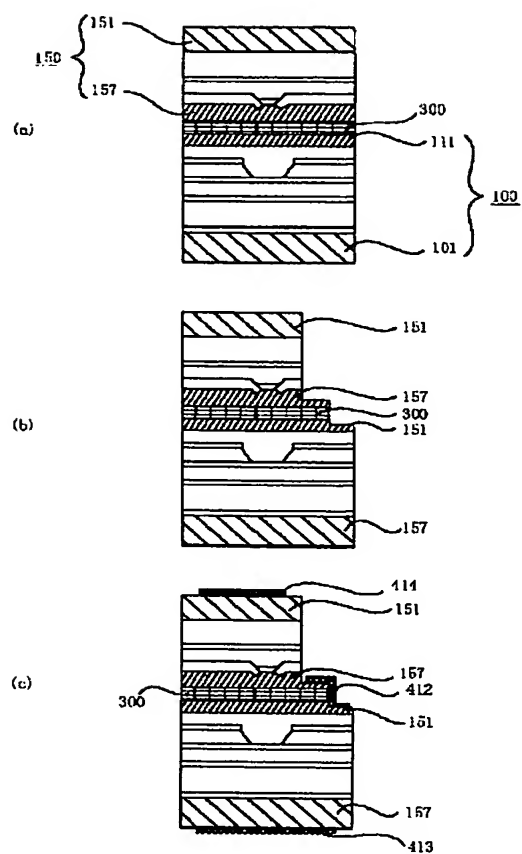
【図6】



【図8】



【図10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.